

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN MESIN ES KRISTAL DENGAN
BANTALAN BIO-PCM**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I GST NGR YUDISTIRA

NIM : 1815234001

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN MESIN ES KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM

Oleh :

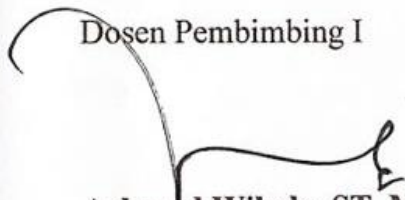
I GST NGR YUDISTIRA

NIM : 1815234001

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I



Achmad Wibolo, ST, MT
NIP : 196405051991031002

Dosen Pembimbing II



Ir. I Wayan Adi Subagia, MT
NIP : 196211241990031001

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali



Dr. Ir. Gede Santosa, M.Erg.
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN MESIN ES KRISTAL DENGAN BANTALAN BIO-PCM

Oleh :

I GST NGR YUDISTIRA

NIM : 1815234001

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat
dicetak sebagai Skripsi pada hari/tanggal :
1 September 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Dr. Made Ery Arsana, ST, MT
NIP : 196709181998021001

()

Penguji II : I Nengah Ardita, ST, MT
NIP : 196411301991031004

()

Penguji III : Dr. Ir I Made Suarta, MT
NIP : 196606211992031003

()

SURAT PENYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I GST NGR YUDISTIRA

NIM : 1815234001

Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Proyek Akhir : Pengembangan Mesin Es Kristal Dengan Bantalan Bio-PCM

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabil dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang undangan yang berlaku.

Badung, 5 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



I GST NGR YUDISTIRA

NIM. 1815234001

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Achmad Wibolo, ST, MT selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Proposal Skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Ir. I Wayan Adi Subagia, MT selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, arahan dan semangat, dari awal penyusunan skripsi hingga dapat terselesaikan.
7. Bapak I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD yang sudah membantu membimbing dan memberikan arahan dalam proses pembuatan alat untuk pengerjaan skripsi ini.
8. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Proposal Skripsi.
9. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
10. Teman-teman D4 TRU 2018, teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi tahun 2022 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.

ABSTRAK

Sistem refrigerasi yang salah satunya adalah mesin es balok kristal. Bisnis menjual es kristal di Indonesia semakin hari semakin banyak. Maraknya para pelaku usaha yang menjual es kristal dengan ukuran yang besar membuat konsumsi energi yang digunakan juga semakin tinggi dan mengenai waktu produksi yang dibutuhkan juga cukup lama. Ada banyak faktor yang dapat mengganggu proses dari produksi es salah satunya adalah listrik padam, dimana untuk memproduksi es listrik adalah hal yang paling utama, energi listrik akan digunakan untuk menghidupkan atau mengoperasikan sistem refrigerasi maka dari itu munculah ide untuk meniasati hal tersebut, dimana diketahui kemampuan PCM yang dapat mempertahankan suhu lebih lama dan dapat bekerja dalam dibawah suhu 0°C.

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah proses pembuatan mesin es, dimana pada mesin es ini akan diaplikasikan dengan Bio-PCM. Bio-PCM tersebut akan diletakan pada bagian bawah cetakan lebih tepatnya akan merendam evaporator. Bio-PCM akan dicampur menggunakan air dengan komposisi 20% PCM akan di campur dengan 80%.

Hasil dari penelitan menunjukkan ada beberapa proses dalam pembuatan mesin es kristal, mulai dari gambar rancangan, pembuatan bodi, pembuatan box PCM, pembuatan dudukan evaporator, pembuatan evaporator, pembuatan cetakan dan bodi dalam, hingga proses perakitan meliputi pengecoran *polyurethane*, perakitan sistem refrigerasi, perakitan kelistrikan, dan menampilkan hasil perakitan, setelah itu melakukan running test. Pada saat pembuatan bodi bahan yang digunakan adalah besi hollow berukuran 3,5 cm x 3,5 cm dengan tebal 0,12 cm, dan dipotong menggunakan mesin gerinda, kemudian di satukan menggunakan las listrik dan las acetelin. Dalam proses pembuatan evaporator menggunakan bahan pipa stainless steel, dengan diameter 0,8 cm dengan tebal 0,12 cm, yang ditekuk menggunakan bending tool. Dalam pembuatan box, tutup box dan cetakan es menggunakan bahan plat stainless steel yang dipotong menggunakan gerinda dan disatukan menggunakan las stainlees. Dari hasil running test, mesin es kristal belum dapat dikatakan bekerja dengan optimal dikarenakan tempertur PCM yang diukur di beberapa titik box belum merata dalam mencapai suhu kerja.

Kata kunci : Mesin es kristal, proses pembuatan, Bio-PCM

ABSTRACT

One of the refrigeration systems is a crystal block ice machine. The business of selling ice crystals in Indonesia is increasing day by day. The rise of business actors who sell ice crystals with large sizes makes the energy consumption used for maintenance higher and the production time required is also quite long. There are many factors that can interfere with the process of ice production, one of which is a power outage, where to produce ice electricity is the most important thing where electrical energy will be used to turn on or operate the refrigeration system. Then the idea arose to get around this where it was known that PCM's ability to maintain temperatures longer and can work below 0°C.

The research method that will be carried out is the process of making an ice machine, where this ice machine will be applied with Bio-PCM. Where the Bio-PCM will be placed at the bottom of the mold, more precisely it will soak the evaporator, the Bio-PCM will be mixed using water with a composition of 20% PCM will be mixed with 80%.

The results of the research show that there are several processes in the manufacture of ice crystal machines, ranging from design drawings, body manufacture, PCM box manufacture, evaporator holder manufacture, evaporator manufacture, mold and inner body manufacture, to the assembly process including polyurethane casting, refrigeration system assembly, assembly electricity, and displays the results of the assembly, after that do a running test. In making the body, the material used is hollow iron measuring 3.5 cm x 3.5 cm with a thickness of 0.12 cm, cut using a grinding machine, and joined together using electric welding and acetelin welding. In the process of making the evaporator using stainless steel pipe, with a diameter of 0.8 cm and a thickness of 0.12 cm, which is bent using a bending tool. In making the box, the lid of the box and the ice mold uses stainless steel plate which is cut using a grinder and put together using stainless welding. From the results of the running test, the ice crystal machine cannot be said to be working optimally because the PCM temperature measured at several points of the box has not been evenly distributed in reaching the working temperature.

Keywords : Ice crystal machine, manufacturing process, Bio-PCM

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengembangan Mesin Es Kristal dengan Bantalan Bio-PCM“. Penyusunan Buku Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan pada program studi Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai pembelajaran agar mendapat hasil yang lebih baik.

Badung, 3 Agustus 2022

I GST NGR YUDISTIRA

DAFTAR ISI

JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat bagi penulis	3
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali	3
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengertian Refrigrasi	5
2.2 Mesin Es Kristal Dengan Bantalan Bio-PCM	5
2.3 Refrigran	6
2.3.1 Refrigran primer	6

2.3.2	Refrigran skunder	6
2.4	Siklus Kompresi Uap	6
2.5	Komponen Utama Siklus Kompresi Uap	9
2.5.1	Komponen utama	9
2.5.2	Komponen bantu	11
2.6	<i>Phase Change Material</i> (PCM)	13
2.6.1	PCM organik	13
2.6.2	PCM anorganik	16
2.6.3	PCM kombinasi	17
2.7	Aplikasi PCM	17
2.8	Perhitungan Menentukan <i>Coefficient Of Performance</i> (COP)	18
2.8.1	Kerja kompresi (Wk)	18
2.8.2	Efek refrigerasi (ER)	18
2.8.3	Kinerja COP	19
BAB III	METODE PENELITIAN	20
3.1	Jenis Penelitian	20
3.1.1	Mesin es kristal	20
3.1.2	Komponen-komponen mesin es kristal	21
3.1.3	Prinsip kerja mesin es Kristal dengan bantalan Bio-PCM	22
3.2	Alur Penelitian	23
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.4	Penentuan Sumber Data	26
3.5	Sumber Daya Penelitian	26
3.6	Instrumen Penelitian	26
3.7	Prosedur Penelitian	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBASAN	33
4.1	Hasil Penelitian	33
4.1.1	Gambar bodi mesin	33
4.1.2	Gambar <i>box</i> bawah tempat PCM	34
4.1.3	Gambar kedudukan evaporator	34
4.1.4	Gambar evaporator.....	35

4.1.5 Gambar tutup <i>box</i> bawah	37
4.1.6 Gambar bodi dalam dan cetakan es.....	38
4.2 Proses Pembuatan.....	39
4.2.1 Pembuatan bodi mesin es	39
4.2.2 Pembuatan box bawah tempat PCM	45
4.2.3 Pembuatan dudukan evaporator	47
4.2.4 Pembuatan evaporator	48
4.2.5 Pembuatan tutup <i>box</i> bawah.....	49
4.2.6 Pembuatan cetakan es dan bodi dalam es	50
4.3 Pengecoran Isolasi <i>Polyurethane</i>	52
4.4 Pengecatan.....	54
4.5 Perakitan Sistem Refrigerasi	56
4.6 Perakitan Sistem Kelistrikan	60
4.7 Pengisian Bio-PCM Pada <i>Box</i>	62
4.8 Hasil Perakitan Mesin Es	63
4.9 Running Test	64
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran.....	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem refrigerasi yang salah satunya adalah mesin es balok kristal. Bisnis menjual es kristal di Indonesia semakin hari semakin banyak. Maraknya para pelaku usaha yang menjual es kristal dengan ukuran yang besar membuat konsumsi energi yang digunakan juga semakin tinggi dan mengenai waktu produksi yang dibutuhkan juga cukup lama. Ada banyak faktor yang dapat mengganggu proses dari produksi es dimana salah satunya adalah listrik padam, dimana unruk memproduksi es listrik adalah hal yang paling utama dimana energi listrik akan digunakan dalam untuk menghidupkan atau mengoprasikan sistem refrigerasi. Sehingga pada saat listrik padam suhu pendinginan akan naik sehingga produksi es akan terganggu dimana saat mesin mati temperatur akan naik yang menyebabkan es akan mencair, yang dimana kita tidak mengetahui lama dari pemadamannya yang terjadi.

Es kristal merupakan air yang dibekukan dan biasanya dijadikan komponen pelengkap minuman (Hadi, 2014). Es kristal termasuk produk yang penting dalam berbagai bidang usaha seperti usaha kuliner maupun pabrik dan distributor karena dapat digunakan sebagai penyegar minuman dan pendingin makanan seperti daging, ikan dan bahan makanan lainnya (Dhinarananta, 2014). Penggunaan es kristal menjadi lebih sering di Indonesia yang memiliki iklim tropis sehingga es kristal dapat menjadi cara untuk menghilangkan rasa haus dan mendinginkan suhu tubuh (Fajriaty, 2016). Es kristal ialah es yang lebih putih, bening, dan tembus cahaya.

Bio-PCM merupakan *Phase Change Materials* (PCM) merupakan material yang dapat ditempatkan diselubung, yang dapat melepas ataupun menyerap energi termal selama proses pemadatan dan peleburan dan mampu mempertahankan suhu yang sangat lama sehingga dapat memperlama proses *on/off* pada saat mesin bekerja. Adapun sifat PCM yang memiliki titik beku yang sangat rendah, yang dapat bekerja pada suhu dibawah 0°C sehingga cocok untuk diaplikasikan pada

mesin es, contoh dari PCM tersebut adalah *corn oil* yang merupakan PCM jenis organik yang terbuat dari minyak jagung. Bahan organik dari ester minyak jagung dan berbahan dasar air juga berpotensi menjadi PCM organik untuk temperatur di bawah 0°C. Campuran ester tersebut mampu menurunkan titik lebur dan titik beku air, sehingga mampu diterapkan pada aplikasi refrigerasi temperatur medium dan rendah. Disamping itu ester minyak jagung dan kedelai mampu menghilangkan super cooling dari air serta memiliki kalor laten yang masih tinggi, sehingga sangat cocok diterapkan sebagai bahan PCM organik untuk temperatur rendah seperti chest freezer (Suamir, 2016). Hal ini yang diharapkan dapat menjaga temperatur es pada saat terjadinya pemadaman listrik dan mampu meringankan kinerja dari kompresor.

Dengan melihat latar belakang di atas, pengembangan mesin es kristal akan menempatkan Bio-PCM pada bagian evaporator, dimana PCM akan merendam evaporator yang akan langsung didinginkan, dimana pada saat suhu kerja telah tercapai PCM dapat mempertahankan suhu pendinginan lebih lama sehingga siklus on/off akan lebih sedikit terjadi, harapan dari penelitian ini adalah semoga dalam proses pembuatan alat nanti dapat berjalan dengan lancar dan baik sehingga mendapatkan hasil yang maksimal, agar pelaku usaha seperti kuliner baik untuk makanan ataupun untuk proses produksi es berjalan dengan baik dan dapat terhindar dari beberapa factor yang dapat mengganggu produksi dan hemat dalam mengknsumsi daya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan di atas maka permasalahan yang akan di bahas dalam Pengembangan mesin es kristal dengan bantalan Bio-PCM :

1. Bagaimana langkah-langkah pembuatan mesin es?
2. Bagaimana hasil *running test* mesin es kristal?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini penulis memberi batasan masalah pada pembahasan mengenai proses pembuatan mesin es, pemasangan kelistrikan, pemasangan sistem refrigerasi dan tes fungsi dari mesin es kristal.

1.4 Tujuan

Tujuan yang penulis harapkan dari penyusunan skripsi yang bertemakan pengembangan mesin es kristal dengan bantalan Bio-PCM, memiliki 2 tujuan yaitu

1.4.1 Tujuan umum

Adapun tujuan umum dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Untuk mengaplikasikan ilmu – ilmu yang di peroleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, baik secara teori maupun praktek.
3. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh di bangku kuliah menerapkan ke dalam bentuk perancangan.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Dapat melaksanakan proses pembuatan mesin es kristal.
2. Dapat mengetahui bagaimana mesin es kristal bekerja dengan normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil pengembangan mesin es kristal dengan bantalan Bio-PCM ini di harapkan dapat bermanfaat bagi penulis, instansi pendidikan khususnya di Politeknik Negeri Bali, dan juga bagi masyarakat pada umumnya.

1.5.1 Bagi penulis

Hasil pengembangan ini sebagai sarana untuk menerapkan dan mengembangkan ilmu-ilmu yang di dapat selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun praktek. Selain itu merupakan syarat dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai bahan bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan di bidang refrigerasi di kemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat

di kembangkan lebih lanjut.

1.5.3 Bagi masyarakat

Adapun manfaat dari mesin es Kristal dengan bantalan Bio-PCM ini adalah untuk membantu para pedagang kecil untuk memenuhi kebutuhan es mereka yang tidak terlalu besar, dan juga para nelayan untuk mengawetkan ikan hasil tangkapannya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa mesin es kristal dengan bantalan Bio-PCM sebagai berikut :

1. Pada proses pembuatan bodi mesin es kristal bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka adalah menggunakan besi *hollow* dengan 3,5 cm x 3,5 cm tebal 0,12 cm, dan di bungkus dengan plat besi dengan tebal 0,1 cm, yang di potong menggunakan gerinda dan dilakukan pengelasan menggunakan las listrik dan las *acetelyne*. Pada proses pembuatan evaporator, bahan yang digunakan adalah pipa stainless steel, dengan diameter pipa 8 mm dan dengan tebal 1,2 mm, yang dipotong menggunakan gerinda dan di tekuk menggunakan *bending tool* serta di las dengan las *acetelyne*, menggunakan bahan tambah kuningan yang dibantu dengan bahan perekat. Pada proses pembuatan *box* PCM setra tutup *box* menggunakan bahan plat *stainless steel* dengan tebal 0,15 cm , yang di potong menggunakan gerinda dan disatukan dengan las *stainless*.
2. Dari hasil pengukuran pada saat *running test* tempratur PCM yang diletakan 4 titik di dalam *box*, menyatakan bahwa tempratur PCM belum mencapai suhu kerja dengan merata, sehingga mesin es dapat dikatakan belum bekerja dengan normal atau optimal.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian dan kesimpulan yang sudah disampaikan sebelumnya, maka dapat di sarankan bagi peneliti selanjutnya agar :

1. Peneliti selanjutnya di harapkan mampu mengembangkan mesin ini dengan pemilihan bahan pembuatan yang lebih tepat dan lebih terjangkau yang memiliki kekuatan yang lebih kuat.

2. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan penelitian ini sebagai referensi untuk melakukan pengembangan dalam karya ilmiah dengan topik yang sama, seperti melakukan redesign pada bentuk evaporator, komposisi PCM yang digunakan, jenis PCM yang digunakan sehingga peneliti mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbat, A. (1981). *Development of modular heat exchanger with an integrated latent heat storage*. German: Germany Ministry of Science and Technology.
- Ardita. (2013). *Praktek Refrigerant Industri dan Komersial*. Badung-Bali: Politeknik Negeri Bali.
- Buddhi, D. a. (1994). Proceedings on thermal energy storage and energy conversion. In *School of Energy and Environmental Studies*. Indore. India: Devi Ahilya University.
- George A. (1989). Phase change thermal storage materials. In G. C. Ed, *In Hand book of thermal design*. McGraw Hill Book Co.
- kho, D. (2020). *Cara Menggunakan Tang Ampere (Clamp Meter) dan Prinsip Kerjanya*. Retrieved from Teknik Leketronika: <https://teknikelektronika.com/cara-menggunakan-tang-ampere-clamp-meter-prinsip-kerja/>
- Pudjiastuti, W. (2011). JENIS-JENIS BAHAN BERUBAH FASA DAN APLIKASINYA. *J. Kimia Kemasan, Vol. 33*, 118 - 123.
- Sharma, A. V. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Review 13*, 318 - 345.
- Solli Dwi Murtyas, S. N. (2018). PEMODELAN PHASE CHANGE MATERIALS PADA DISTRIBUSI TERMAL. *Journal of Mechanical Engineering, Vol. 2*, 2.
- Suamir, I. N. (2016). *Refrigrasi dan Tata Udara*. Badung: Politeknik Negeri Bali.
- Wikipedia. (2021). *Termokopel*. Retrieved from Wikipedia ensiklopedia bebas:<https://id.wikipedia.org/wiki/Termokopel>